



INVESTOR IN PEOPLE

PN - FR2778514 A 19991112

TI - Temperature independent capacitive oscillator for microelectronic circuit

AB - The circuit includes adjustment to detection of capacitor high and low charge states. The capacitive oscillator includes a capacitor (14) and a circuit (20,30,34d, 37,39) for charging and discharging the capacitor (14) that delivers capacitor charge and discharge currents. A detector (40,42) senses high and low threshold values of the charge on the capacitor, in order to provoke charging when the low threshold is attained, and discharging when the high threshold is attained. The oscillator further includes a transistor (50) that adjusts the voltage values of the high and low thresholds of the detector, as a function of the charge and/or discharge current of the capacitor. This provides compensation for the current variations which arise due to variations in temperature.

IN - MIGLIAVACCA PAOLO

PA - SGS THOMSON MICROELECTRONICS (FR)

**THIS PAGE BLANK (USPTO)**

① RÉPUBLIQUE FRANÇAISE  
INSTITUT NATIONAL  
DE LA PROPRIÉTÉ INDUSTRIELLE  
PARIS

⑪ N° de publication :  
(à n'utiliser que pour les  
commandes de reproduction)

2 778 514

⑫ N° d'enregistrement national : 98 05666

⑤ Int Cl<sup>6</sup> : H 03 H 11/54, H 03 B 5/04, 5/08

⑫

DEMANDE DE BREVET D'INVENTION

A1

⑫ Date de dépôt : 05.05.98.

⑬ Priorité :

⑬ Date de mise à la disposition du public de la  
demande : 12.11.99 Bulletin 99/45.

⑭ Liste des documents cités dans le rapport de  
recherche préliminaire : *Se reporter à la fin du  
présent fascicule*

⑮ Références à d'autres documents nationaux  
apparentés :

⑰ Demandeur(s) : SGS THOMSON MICROELECTRO-  
NICS SA Société anonyme — FR.

⑱ Inventeur(s) : MIGLIAVACCA PAOLO.

⑲ Titulaire(s) :

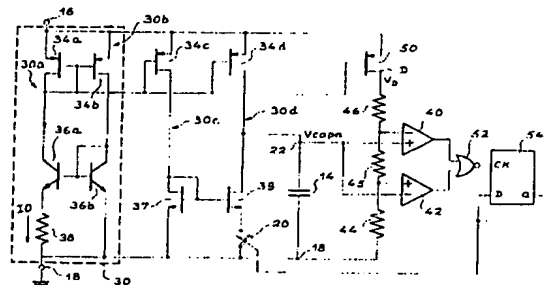
⑳ Mandataire(s) : SOCIÉTÉ DE PROTECTION DES  
INVENTIONS.

⑤ OSCILLATEUR CAPACITIF INDEPENDANT DE LA TEMPERATURE.

⑥ Oscillateur capacitif comprenant:

- un condensateur (14),
- des moyens (20, 30, 34d, 37, 39) de charge et de décharge du condensateur (14), pour délivrer un courant de charge et un courant de décharge du condensateur,
- un détecteur (40, 42) de seuil haut et de seuil bas d'une tension de charge du condensateur (14), pour provoquer une charge du condensateur lorsque la tension de charge atteint le seuil bas et pour provoquer une décharge du condensateur lorsque la tension de charge atteint le seuil haut.

Conformément à l'invention, l'oscillateur comporte en outre des moyens (50) d'ajustage des valeurs de tension de seuil haut et seuil bas dudit détecteur de seuil haut et de seuil bas, en fonction d'au moins l'un des courants de charge et de décharge, pour compenser des variations des courants dues à des variations de la température.



FR 2 778 514 - A1



## OSCILLATEUR CAPACITIF INDEPENDANT DE LA TEMPERATURE

Domaine technique

La présente invention concerne un oscillateur capacitif dont la période d'oscillation est sensiblement indépendante de la température.

On entend par oscillateur capacitif un dispositif électronique, dépourvu d'élément inductif tel qu'une bobine, et capable de délivrer un signal périodique.

Les oscillateurs capacitifs trouvent des applications notamment dans le domaine de la micro-électronique intégrée, où la réalisation des éléments inductifs présente des difficultés.

Une application particulière de l'invention peut être la réalisation de circuits à oscillateur interne tels que des circuits de temporisation ou multivibrateurs (555).

Etat de la technique antérieure

La figure 1 annexée représente un circuit à oscillateur capacitif simplifié illustrant le principe de fonctionnement d'un tel oscillateur.

Le circuit de la figure 1 correspond à un oscillateur particulier pour lequel un condensateur est chargé et déchargé avec un courant identique en valeur absolue. Le signal de sortie, prélevé par exemple aux bornes du condensateur est un signal de tension en onde triangulaire.

Le courant  $i$  de charge ou de décharge d'un condensateur peut être exprimé par la relation suivante :

$$i = C \frac{dv}{dt}$$

où  $\frac{dv}{dt}$  est la tension dérivée par rapport au temps aux bornes du condensateur, et C la capacité du condensateur.

5 Il apparaît que si le courant i est maintenu constant, la variation de la tension v aux bornes du condensateur est linéaire. Ce principe est mis en oeuvre dans le circuit de la figure 1 pour générer l'onde triangulaire.

10 Sur la figure 1 les références 10 et 12 représentent un premier et un deuxième générateurs de courant capables de délivrer respectivement un courant  $I_0$  et  $2I_0$ .

Le premier générateur de courant 10 est  
15 connecté en série avec un condensateur 14 entre une borne d'alimentation 16 et une borne de masse 18.

Le deuxième générateur 12 est monté dans une branche en parallèle aux bornes du condensateur. Il peut être mis en circuit ou hors circuit par un  
20 interrupteur 20.

Lorsque l'interrupteur 20 est ouvert, le condensateur 14 est parcouru par un courant  $I_0$  délivré par le premier générateur de courant 10. Il est alors chargé à courant constant. Lorsque l'interrupteur 20  
25 est fermé, le condensateur 14 est parcouru par un courant total correspondant à la contribution des deux générateurs de courant. Plus précisément, le condensateur est traversé par un courant de valeur  $-I_0$  qui est la somme d'un courant  $+I_0$  provenant du premier  
30 générateur de courant 10 et d'un courant  $-2I_0$  provenant

du deuxième générateur de courant 12. Le condensateur est alors déchargé à courant constant.

La tension de charge  $V_{\text{capa}}$  du condensateur mesurée entre une borne 22 du condensateur et la borne de masse 18 est appliquée à un détecteur de seuil haut 24 et un détecteur de seuil bas 26. Les détecteurs de seuil haut et de seuil bas sont reliés à l'interrupteur 20 de façon à piloter l'ouverture et la fermeture de cet interrupteur.

Le fonctionnement de l'oscillateur est expliqué en se référant conjointement à la figure 1 décrite ci-dessus et à la figure 2 qui représente, sous forme de graphique, l'évolution au cours du temps de la tension de charge  $V_{\text{capa}}$  du condensateur.

Le point L du graphique de la figure 2 indique un instant où la tension de charge  $V_{\text{capa}}$  du condensateur 14 atteint une valeur de seuil bas notée  $V_{\text{tho}}$ . Le détecteur de seuil bas pilote alors l'interrupteur 20 pour l'ouvrir et le condensateur se charge avec un courant  $I_0$  comme décrit précédemment.

La tension de charge  $V_{\text{capa}}$  du condensateur 14 augmente linéairement jusqu'à atteindre une valeur de seuil haut notée  $V_{\text{thH}}$  au point H. Le détecteur de seuil haut pilote alors l'interrupteur pour le fermer et le condensateur se décharge avec un courant  $-I_0$ , comme décrit précédemment.

Ainsi, la tension  $V_{\text{capa}}$  de charge évolue sous la forme d'un signal triangulaire.

Comme le courant de charge et le courant de décharge sont égaux en valeur absolue, la pente de charge et la pente de décharge du signal triangulaire sont symétriques.

En désignant par  $\Delta V_{th}$  la différence entre la valeur de seuil haut et la valeur de seuil bas  $V_{thhi} - V_{thlo}$ , la période  $\Delta t$  du signal triangulaire de charge et de décharge du condensateur est donnée par la  
5 formule :

$$\Delta t = 2x \frac{Cx\Delta V_{th}}{I_o}$$

dans laquelle C est la valeur de la capacité du condensateur.

La figure 3 décrite ci-après représente une  
10 source de courant utilisable pour réaliser un générateur de courant capable de fournir un courant de charge ou de décharge. La source de courant est désignée par la référence générale 30. Elle comporte une première branche 30a avec un premier transistor 34a  
15 dit transistor de miroir, en série avec un deuxième transistor 36a, de type bipolaire npn, et une résistance 38 dite résistance d'émetteur. La résistance d'émetteur relie l'émetteur du transistor bipolaire 36a à une borne de masse 18 et la source du premier  
20 transistor est reliée à une borne d'alimentation 16.

La première branche 30a est encore appelée branche pilote de la source de courant.

Une deuxième branche 30b est connectée en parallèle à la première branche 30a entre la borne  
25 d'alimentation positive 16 et la borne de masse 18.

La deuxième branche 30b comporte un premier transistor 34b, dit de miroir, et un deuxième transistor 36b, de type bipolaire, qui sont connectés en série entre la borne d'alimentation 16 et la borne  
30 de masse 18.

On note par ailleurs que les grilles des premiers transistors 34a et 34b des première et

deuxième branches sont reliées entre elles. De la même façon, les bases des transistors bipolaires 36a et 36b sont reliées entre elles.

Enfin, la grille du premier transistor 34a de la première branche est reliée à son drain et la base du transistor bipolaire 26b de la deuxième branche est reliée à son collecteur.

22.

Les transistors bipolaires 36a, 36b des deux branches de la source de courant présentent des surfaces d'émetteur différentes. Ainsi, il existe une différence de tension base-émetteur pour ces transistors.

Dans le schéma de la figure 1, on considère que le transistor bipolaire 36a de la première branche présente une surface d'émetteur plus grande que celle du transistor bipolaire 36b de la deuxième branche.

On note  $\delta V_{BE} = V_{BEa} - V_{BEb}$  la différence de tension existant entre les tensions base-émetteur  $V_{BEa}$  et  $V_{BEb}$  des transistors bipolaires 36a et 36b des première et deuxième branches respectivement.

Cette différence de tension est reportée aux bornes de la résistance d'émetteur 38 qui est parcourue par un courant  $I_o$  tel que  $I_o = \frac{\delta V_{BE}}{R}$ , où R est la valeur de la résistance d'émetteur 38.

En première approximation, on estime que le courant  $I_o$ , qui correspond au courant d'émetteur du transistor bipolaire 36a de la première branche, correspond également à son courant de collecteur. Le courant  $I_o$  est ainsi le courant de la branche pilote 30a de la source de courant.



Les transistors de miroir 34a et 34b forment un miroir de courant permettant de recopier le courant  $I_o$  circulant dans la branche pilote 30a vers la deuxième branche 30b.

5 Le courant de la deuxième branche 30b, c'est-à-dire sensiblement le courant d'émetteur du transistor bipolaire 36b est sensiblement égal à  $I_o$ .

Le courant  $I_o$  de la source de courant peut être recopié par un miroir de courant tel que décrit ci-dessus dans d'autres branches de circuit et notamment dans un circuit de charge ou de décharge du condensateur de l'oscillateur de la figure 1.

La différence de tension  $\delta V_{BE}$  varie en fonction de la température selon la formule suivante :

15 
$$\delta V_{BE} = \frac{KT}{q} \ln \frac{S_a}{S_b}$$

Dans cette formule  $K$  est la constante de Boltzman,  $q$  la charge de l'électron et  $S_a$  et  $S_b$  les surfaces respectives des émetteurs des transistors 36a et 36b des première et deuxième branches.

20 Ainsi, le courant  $I_o$  augmente linéairement avec la température.

$$\text{On a : } I_o = \frac{\delta V_{BE}}{R} = \frac{KT}{qR} \ln \frac{S_a}{S_b}$$

Il apparaît que la température  $T$  influe sur la valeur du courant  $I_o$ , et par conséquent sur la valeur de la période de charge et de décharge du condensateur qui est inversement proportionnelle au courant  $I_o$ .

En considérant que la valeur  $R$  de la résistance 38 de la source de courant varie de façon linéaire avec une pente de  $2.10^{-3}\%/^{\circ}\text{C}$ , on peut calculer la variation

du courant  $I_o$ , notée  $\frac{\Delta I_o}{I_o}$  lorsque la température de fonctionnement varie (par exemple) de  $-40^\circ\text{C}$  (233 K) à  $+100^\circ\text{C}$  (373 K). On obtient :

$$\frac{\Delta I_o}{I_o(-40,+100)} = \frac{373 - 233}{233} \times \frac{1}{2 \cdot 10^{-3} \times (373 - 233)} \approx +30\%$$

5        Ainsi, comme la période d'oscillation est inversement proportionnelle au courant  $I_o$ , celle-ci varie environ de  $-30\%$  entre  $-40^\circ\text{C}$  et  $+100^\circ\text{C}$ .

Une telle variation apparaît comme inacceptable pour un certain nombre d'applications nécessitant un  
10        fonctionnement à une fréquence stable de l'oscillateur.

#### Exposé de l'invention

L'invention a pour but de proposer un oscillateur capacitif dont la période d'oscillation est  
15        très peu sensible aux variations de la température de fonctionnement.

Un autre but est de proposer un tel oscillateur de construction simple et adaptée aux exigences de l'intégration des composants qui le composent, sous la  
20        forme de puce électronique.

Pour atteindre ces buts, l'invention a plus précisément pour objet un oscillateur capacitif comprenant :

- un condensateur,
- 25        - des moyens de charge et de décharge du condensateur pour délivrer un courant de charge et un courant de décharge du condensateur, et
- un détecteur de seuil haut et de seuil bas d'une tension de charge du condensateur, le détecteur de  
30        seuil haut et de seuil bas étant relié aux moyens de charge et de décharge pour provoquer une charge du

condensateur lorsque la tension de charge atteint le seuil bas et pour provoquer une décharge du condensateur lorsque la tension de charge atteint le seuil haut.

5        Conformément à l'invention, l'oscillateur comporte en outre des moyens d'ajustage des valeurs de tension de seuil haut et de seuil bas dudit détecteur de seuil haut et de seuil bas, en fonction d'au moins l'un des courants de charge et/ou de décharge, pour  
10    compenser d'éventuelles variations des courants de charge et de décharge provoquées par des variations de la température de fonctionnement de l'oscillateur.

On entend par température de fonctionnement, la température des composants et en particulier des  
15    jonctions semi-conductrices des composants de l'oscillateur. Cette température est sensiblement égale à la température ambiante.

Selon un aspect particulier de l'invention, une source de courant peut être prévue pour piloter les  
20    moyens de charge et de décharge du condensateur et contrôler les courants de charge et de décharge. Cette même source de courant peut alors également piloter les moyens d'ajustage des valeurs de tension de seuil haut et de seuil bas pour tenir compte des variations des  
25    courants de charge et/ou de décharge en fonction de la température.

Selon une réalisation particulière de l'oscillateur, le détecteur de seuil haut et de seuil bas peut comporter un premier comparateur pour comparer  
30    la tension de charge du condensateur à la valeur de seuil haut et un deuxième comparateur pour comparer la tension de charge du condensateur à la valeur de seuil bas.

Pour fixer les valeurs de seuil haut et de seuil bas, le détecteur de seuil haut et de seuil bas peut comporter un pont de résistances connecté entre un premier et un deuxième potentiels de référence, les  
5 valeurs de tension de seuil haut et de tension de seuil bas étant prélevées aux bornes d'une résistance, dite résistance de seuil, du pont de résistances.

Les premier et deuxième potentiels de référence sont, par exemple, un potentiel positif d'alimentation  
10 de l'oscillateur et un potentiel de masse.

Les résistances du pont de résistances permettent de fixer également une différence de seuil entre le seuil haut et le seuil bas et ainsi de définir la période d'oscillation de l'oscillateur.

15 Selon un autre aspect particulier de l'invention, les moyens d'ajustage des valeurs de tension de seuil haut et de seuil bas peuvent comporter un transistor à effet de champ, dit transistor de compensation, présentant un canal en série avec le pont  
20 de résistances, entre les potentiels de référence, et présentant une grille pilotée par la source de courant.

De préférence, le canal du transistor de compensation présente une longueur  $W$  et une largeur  $\ell$ , le rapport  $W/\ell$  étant ajusté de telle sorte que la  
25 variation relative du potentiel  $V_D$  d'une borne  $D$  du transistor, reliée au pont de résistances, est sensiblement égale à la variation relative d'au moins l'un des courants de charge et de décharge du condensateur.

30 D'autres caractéristiques et avantages de la présente invention ressortiront mieux de la description qui va suivre, en référence aux figures des dessins

annexés. Cette description est donnée à titre purement illustratif et non limitatif.

#### Brève description des figures

5           - La figure 1, déjà décrite, est un schéma simplifié illustrant le principe de fonctionnement d'un oscillateur capacitif.

          - La figure 2, déjà décrite, est un graphique qui exprime en ordonnée la tension de charge d'un  
10 condensateur de l'oscillateur de la figure 1, en fonction du temps, reporté en abscisse.

          - La figure 3 est une représentation schématique d'une source de courant utilisable pour  
fournir un courant de charge ou de décharge du  
15 condensateur de l'oscillateur de la figure 1.

          - La figure 4 est une représentation schématique d'un oscillateur capacitif conforme à la présente invention.

          - La figure 5 représente sous forme de  
20 graphiques, des signaux périodiques fournis par l'oscillateur de la figure 4.

#### Description détaillée de modes de réalisation de l'invention

25           La figure 4, décrite ci-après illustre une réalisation particulière possible d'un oscillateur conforme à l'invention.

          Pour des raisons de simplification, des éléments de la figure 4 qui sont identiques ou  
30 similaires à des éléments des figures précédentes, déjà décrites, sont repérés avec les mêmes références.

          L'oscillateur représenté à la figure 4 est construit pour l'essentiel autour d'un condensateur 14.

Pour fournir respectivement un courant de charge et un courant de décharge du condensateur, on fait appel à une source de courant 30.

La source de courant 30 du circuit de la figure 4 est identique à la source de courant déjà décrite en référence à la figure 3. La description n'est par conséquent pas reprise ici.

Le courant  $I_0$  qui circule dans la branche pilote 30a de la source de courant est recopié par les transistors de miroir 34a et 34b dans la deuxième branche 30b.

De la même façon, le courant  $I_0$  est copié dans des troisième et quatrième branches 30c et 30d du circuit, respectivement par des transistors à effet de champ 34c et 34d. Ces transistors à effet de champ 34c et 34d forment avec le transistor 34a de la branche pilote des miroirs de courant.

Dans l'exemple de mise en oeuvre décrit, un courant  $I_0$  sensiblement égal au courant traversant la branche pilote est recopié dans chacune des branches 30b, 30c, 30d du circuit. Ceci est dû au fait que les transistors 34a, 34b, 34c, 34d qui forment les miroirs de courant présentent tous un même rapport  $W/\ell$  de la longueur ( $W$ ) de leur canal sur sa largeur ( $\ell$ ). Il est toutefois possible de recopier un courant différent dans les différents branches du circuit en ajustant respectivement le rapport  $W/\ell$  des transistors de miroir.

La troisième branche 30c comporte un deuxième transistor 37 dont le canal est en série avec le canal du premier transistor 34c entre la borne d'alimentation 16 et la borne de masse 18. Le drain du deuxième

transistor 37 est relié à sa grille. Sa grille est reliée par ailleurs à la grille d'un autre transistor 39, dit transistor de décharge, dont le canal est connecté en série avec un interrupteur 20 entre les bornes 22, 18 du condensateur 14 de l'oscillateur.

Le deuxième transistor 37 de la troisième branche 30c et le transistor de décharge 39 forment un miroir de courant. Le rapport de la longueur sur la largeur du canal du transistor de décharge 39 est choisi égal au double du rapport de la longueur sur la largeur du canal du deuxième transistor 37. Le transistor 37 est traversé par un courant dont l'intensité est le double de celle du courant qui traverse la troisième branche 30c. Ainsi, lorsque l'interrupteur 20 est fermé, le transistor de décharge 39 peut fournir un courant égal à  $-2I_0$  au condensateur 14.

Le canal du transistor 34d de la quatrième branche est connecté en série avec le condensateur 14 entre la borne d'alimentation 16 et la borne de masse. Ce transistor fournit en permanence un courant  $I_0$  au condensateur 14. Ce courant est sensiblement égal au courant de la branche pilote.

Ainsi, lorsque l'interrupteur 20 est ouvert, le condensateur est chargé par le courant  $I_0$  fourni par le transistor de la quatrième branche 30d du circuit. En revanche, lorsque l'interrupteur 20 est fermé, le condensateur reçoit non seulement le courant  $I_0$  de cette quatrième branche mais aussi le courant  $-2I_0$  fourni conjointement par la troisième branche 30c et le transistor de décharge 39. Il est ainsi déchargé par un courant  $-I_0$  ( $I_0 - 2I_0$ ), égal en valeur absolue au courant de charge.

La commande d'ouverture et de fermeture de l'interrupteur 20 est effectuée par l'intermédiaire d'un détecteur de seuil haut et de seuil bas de la tension de charge du condensateur 14.

5 Le détecteur de seuil haut et de seuil bas est construit autour d'un premier comparateur 40 et d'un deuxième comparateur 42. L'entrée non-inverseuse du premier comparateur 40 et l'entrée inverseuse du deuxième comparateur 42 sont reliées à la borne 22 du  
10 condensateur 14, de façon à leur appliquer la tension de charge du condensateur 14, notée  $V_{\text{capa}}$ .

Les valeurs de la tension de seuil haut et de seuil bas pour les comparateurs sont fournies par un pont de trois résistances 44, 45, 46 connectées dans  
15 cet ordre entre la borne de masse 18 et la borne d'alimentation 16. La borne de masse 18 et la borne d'alimentation constituent ici des bornes de tension de référence. Les résistances 44, 45, 46 sont connectées en série avec le canal d'un transistor à effet de champ  
20 50, dit transistor de compensation, qui relie la troisième résistance 46 du pont de résistances à la borne d'alimentation 18. La fonction du transistor de compensation est décrite plus loin.

Les entrées non inverseuses des premier et deuxième comparateurs 40, 42 sont respectivement  
25 connectées aux bornes de la deuxième résistance 45, appelée résistance de seuil, qui fixe, conjointement avec les première et troisième résistances 44, 46 du pont de résistances, les valeurs de seuil haut et de  
30 seuil bas. Ces valeurs sont notées  $V_{\text{thh}}$  et  $V_{\text{thb}}$ .

Les sorties des comparateurs 40, 42 sont reliées à l'interrupteur 20 par l'intermédiaire d'une porte logique NON-OU (NOR) 52 et d'une bascule flip-



flop D 54, afin de commander l'ouverture et la fermeture de l'interrupteur. De façon plus précise, la sortie de la bascule 54 (flip-flop D) peut être reliée à la grille d'un transistor, non représenté, qui forme l'interrupteur 20, et qui est alternativement mis en régime de blocage (circuit ouvert) ou de saturation (circuit fermé).

Le fonctionnement de l'oscillateur est décrit en faisant référence conjointement à la figure 4 et aux graphiques de la figure 5.

Le graphique A de la figure 5 représente en fonction du temps, reporté en abscisse, la valeur de la tension de charge  $V_{C_{\text{capa}}}$  du condensateur 14, reportée en ordonnée.

Les graphiques B et C de la figure 5 représentent en fonction du temps, reporté en abscisse, respectivement les tensions de sortie  $V_{40}$  et  $V_{42}$  des premier et deuxième comparateurs 40 et 42.

Le graphique D de la figure 5 représente en fonction du temps, reporté en abscisse, le signal de commande de la porte 20, délivré par la bascule flip-flop 54.

Lorsque la tension du condensateur 14 atteint la valeur de seuil bas  $V_{\text{thlo}}$ , ce qui correspond au point L du graphique, le deuxième comparateur 42 délivre une impulsion visible sur le graphique C de la figure 5.

En réponse à cette impulsion, la bascule 54 délivre un signal "bas" visible sur le graphique D de la figure 5 qui commande l'ouverture de l'interrupteur 20.

Le condensateur 14 se charge alors avec le courant  $I_0$  fourni par le transistor 34d de la quatrième

branche et la tension  $V_{\text{capa}}$  augmente de façon linéaire jusqu'à atteindre la valeur de seuil haut  $V_{\text{thhi}}$ .

Lorsque la tension  $V_{\text{capa}}$  du condensateur 14 atteint le seuil haut, ce qui correspond au point H du graphique A de la figure 5, le premier comparateur 40 délivre une impulsion visible sur le graphique C de la figure 5.

Comme le montre le graphique D, en réponse à l'impulsion du premier comparateur, la bascule 54 délivre un état "haut" qui commande la fermeture de l'interrupteur 20.

La fermeture de l'interrupteur 20 provoque alors la décharge du condensateur 14.

La succession de phases de charge et de décharge du condensateur avec des courants identiques en valeur absolue, permet d'obtenir aux bornes du condensateur 14 le signal triangulaire visible sur la partie A de la figure 5. Ce signal est périodique et présente une période  $\Delta t$  telle que  $\Delta t = 2 \times \frac{C \times \Delta V_{\text{th}}}{I_0}$ , où C est la capacité du condensateur 14 et  $\Delta V_{\text{th}}$  la différence  $V_{\text{thhi}} - V_{\text{thbo}}$  entre les tension de seuil haut et bas. Cette formule est identique à la formule déjà explicitée en référence à la figure 1.

A ce sujet, il convient de noter qu'en chargeant et en déchargeant le condensateur avec des courants d'intensités différentes, il est possible d'obtenir des signaux en dent de scie, par exemple. La modification des courants de charge et de décharge peut être effectuée simplement en changeant, par exemple, le rapport de la longueur sur la largeur du canal des transistors de miroir de courant qui fournissent les courants de charge/de décharge.

Par ailleurs, il est possible de prélever, par exemple, l'un des signaux correspondant aux graphiques A à D de la figure 5 comme signal de sortie de l'oscillateur.

5 Il convient à présent de préciser le fonctionnement du transistor de compensation 50, en se référant toujours au schéma de la figure 4.

Le transistor 50 présente un drain D relié à la troisième résistance 46 du pont de résistances et une  
10 source reliée à la borne d'alimentation 16.

La grille du transistor 50 est reliée à la grille des premiers transistors 34a et 34b de la source de courant dans un montage de type miroir de courant. Ainsi, le courant  $I_1$  qui traverse le canal du  
15 transistor 50, et par conséquent le pont de résistances, est proportionnel au courant  $I_0$  fourni par la source de courant 30.

Or, lorsque le courant  $I_1$  diminue, la tension drain-source  $V_{DS}$  diminue. Ainsi, le potentiel de drain  
20  $V_D$ , qui est le potentiel de référence effectif vu par le pont de résistances, augmente.

A l'inverse le potentiel  $V_D$  diminue lorsque le courant  $I_0$ , et donc le courant  $I_1$ , augmentent.

La variation de la différence entre les seuils  
25 de tension haut et bas, notée  $\delta(\Delta V_{th})$ , est proportionnelle à la variation du potentiel  $V_D$ , notée  $\delta V_D$ , et est donc inversement proportionnelle à celle du courant  $I_1$  et du courant  $I_0$ .

$$\text{On a : } \frac{\delta(\Delta V_{th})}{\Delta V_{th}} \approx \frac{\delta V_D}{V_D}$$

30 En réglant le rapport de la longueur sur la largeur du canal du transistor de compensation 50, en

fonction du rapport de la longueur sur la largeur des canaux des transistors de la source de courant, il est possible d'obtenir une variation du potentiel  $V_0$  et donc de la différence de seuils  $\Delta V_{th}$  qui compense avec  
 5 une bonne précision la variation du courant  $I_0$  de la source.

Dans ce cas, la période d'oscillation de l'oscillateur, qui est proportionnelle au rapport  $\frac{\Delta V_{th}}{I_0}$  peut être rendue très faible et donc insensible à la  
 10 température de fonctionnement.

Dans l'exemple décrit, la meilleure insensibilité en température est obtenue lorsque la longueur et la largeur du canal du transistor de compensation sont ajustées de façon à avoir :

$$15 \quad \frac{\Delta V_D}{V_D} \sim \frac{\Delta I_0}{I_0}.$$

Pour une température de fonctionnement comprise entre  $-40^\circ\text{C}$  et  $100^\circ\text{C}$ , et en se référant aux valeurs numériques retenues lors de la description relative à la figure 1, on obtient une variation  $\frac{\Delta V_D}{V_D}$  de 30%.

20 Dans ces conditions, la variation du potentiel de référence vu par le pont de résistances engendre une variation des seuils haut et bas qui compense précisément les variations des courants de charge et/ou de décharge.

25 Ainsi, la période d'oscillation est sensiblement stable en dépit des variations des courants de charge et/ou de décharge provoquées par des modifications de la température de fonctionnement.

## REVENDICATIONS

## 1. Oscillateur capacitif comprenant :

- un condensateur (14),
- des moyens (20, 30, 34d, 37, 39) de charge et de  
5 décharge du condensateur (14), pour délivrer un  
courant de charge et un courant de décharge du  
condensateur,
- un détecteur (40, 42) de seuil haut et de seuil bas  
d'une tension de charge du condensateur (14), le  
10 détecteur de seuil haut et de seuil bas étant relié  
aux moyens (20, 30, 34d, 37, 39) de charge et de  
décharge pour provoquer une charge du condensateur  
lorsque la tension de charge atteint le seuil bas et  
pour provoquer une décharge du condensateur lorsque  
15 la tension de charge atteint le seuil haut,  
caractérisé en ce que l'oscillateur comporte en outre  
des moyens (50) d'ajustage des valeurs de tension de  
seuil haut et seuil bas dudit détecteur de seuil haut  
et de seuil bas, en fonction d'au moins l'un des  
20 courants de charge et de décharge, pour compenser des  
variations des courants de charge et de décharge dues à  
des variations de la température de fonctionnement de  
l'oscillateur.

2. Oscillateur selon la revendication 1,  
25 comportant une source de courant pour piloter les  
moyens de charge et de décharge du condensateur (14) et  
pour piloter les moyens d'ajustage des valeurs de  
tension de seuil haut et de seuil bas.

3. Oscillateur selon la revendication 1, dans  
30 lequel le détecteur de seuil haut et de seuil bas  
comporte un premier comparateur (40) pour comparer la  
tension de charge du condensateur (14) à la valeur de  
seuil haut et un deuxième comparateur (42) pour

comparer la tension de charge du condensateur (14) à la valeur de seuil bas.

4. Oscillateur capacitif selon la revendication 2, dans lequel le détecteur de seuil haut et de seuil bas comporte un pont de résistances (44, 45, 46) connecté entre un premier et un deuxième potentiels de référence (16, 18), les valeurs de tension de seuil haut et de tension de seuil bas étant prélevées aux bornes d'une résistance (45), dite résistance de seuil, du pont de résistances.

5. Oscillateur selon la revendication 4, dans lequel les moyens d'ajustage des valeurs de tension de seuil haut et de seuil bas comportent un transistor (50) à effet de champ, dit transistor de compensation, présentant un canal en série avec le pont de résistances entre les potentiels de référence, et présentant une grille pilotée par la source de courant.

6. Oscillateur selon la revendication 1, dans lequel l'intensité du courant de charge est égale en valeur absolue à l'intensité du courant de décharge.

7. Oscillateur selon la revendication 5, dans lequel le canal du transistor de compensation présente une longueur  $W$  et une largeur  $\ell$ , le rapport  $W/\ell$  étant ajusté de telle sorte que la variation relative du potentiel  $V_D$  d'une borne  $D$  du transistor, reliée au pont de résistances, soit sensiblement égale à la variation relative de l'un des courants de charge et de décharge du condensateur.

8. Oscillateur selon la revendication 7, dans lequel la variation relative du potentiel  $V_D$ , notée  $\frac{\Delta V_D}{V_D}$ , est égale environ à 30% pour une variation de

2778514

20

température de fonctionnement dans une gamme allant de  
-40°C à 100°C.

1/3

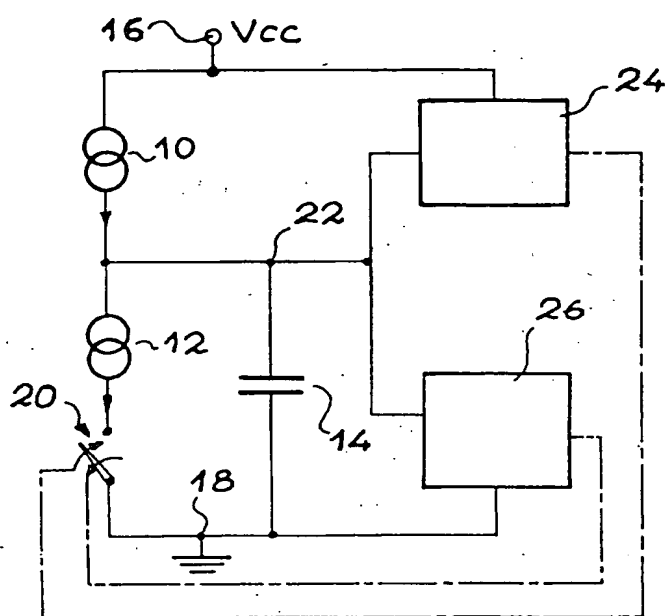


FIG. 1

FIG. 2

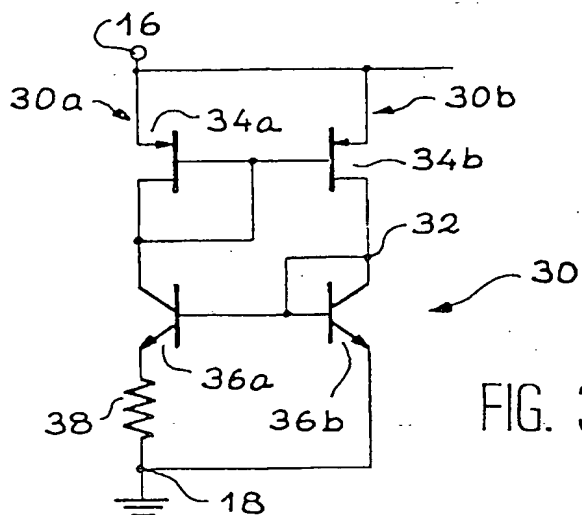
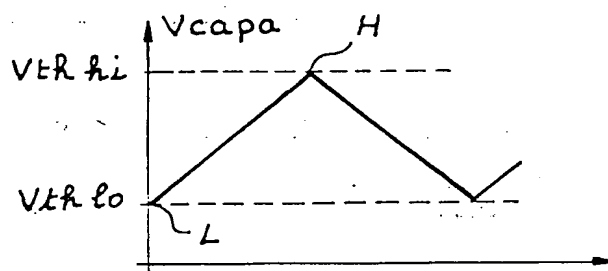


FIG. 3



213

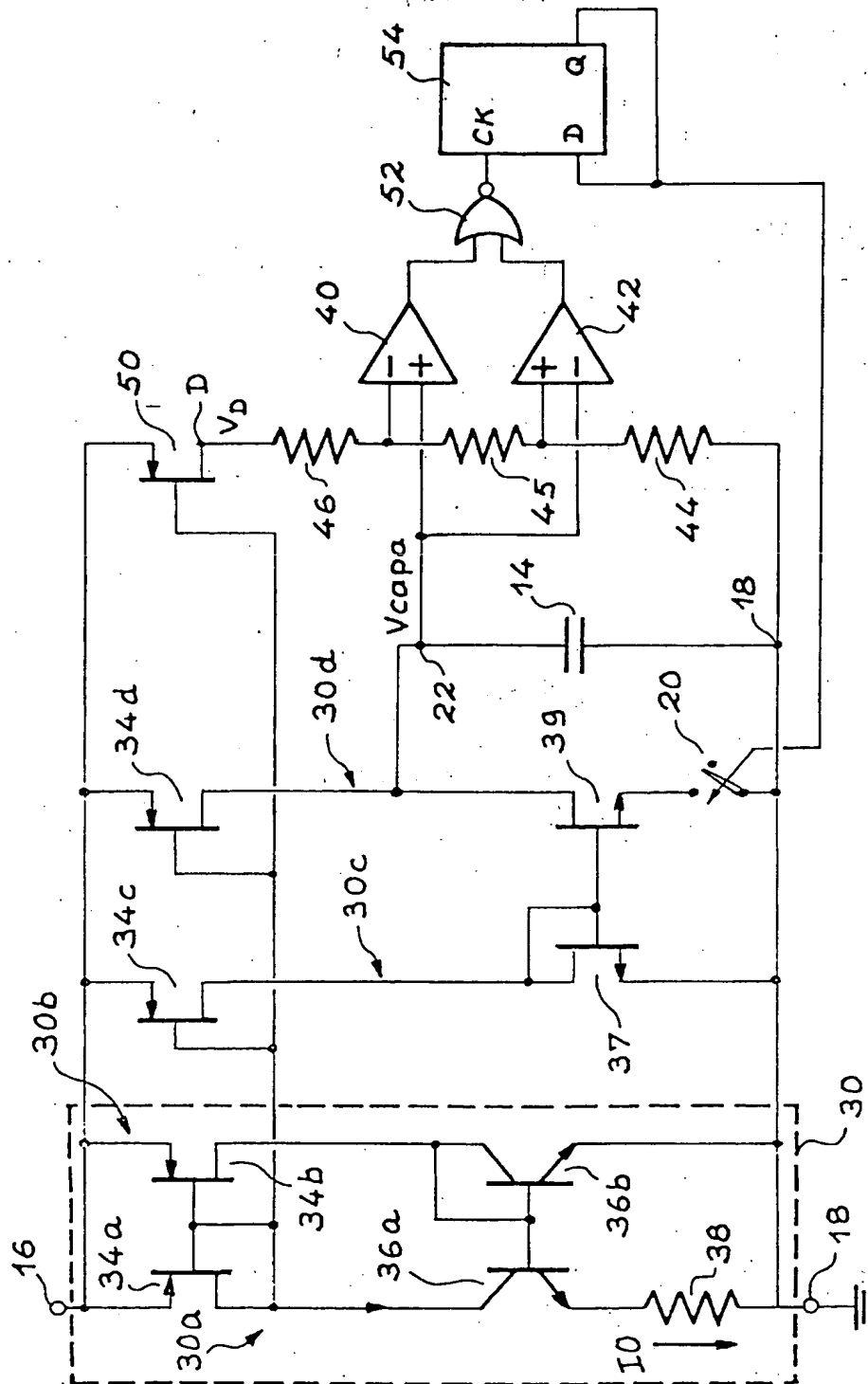


FIG. 4

**THIS PAGE BLANK (USPTO)**